



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STUDIE MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY

STUDY OF SMALL HYDROPOWER STATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Kálal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ DRÁB, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jiří Kálal
Název	Studie malé vodní elektrárny
Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- Odborná literatura a normy z oboru využití vodní energie, hydrauliky a hydrologie.
- Hydrologické údaje a geodetické zaměření zájmové lokality.
- Firemní materiály dodavatelů stavební a technologické části.
- Ostatní odborné podklady se vztahem k zájmové lokalitě.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem práce je zpracování studie malé vodní elektrárny ve zvolené lokalitě. Návrh bude zpracován v jedné variantě stavební a technologické části. Výstupy práce budou zahrnovat tyto přílohy:

- průvodní a technická zpráva,
- situace širších vztahů,
- celková situace stavby,
- podélný řez MVE (v ose turbíny),
- půdorysný řez MVE,
- příčný řez MVE (osou oběžného kola),
- hydraulické a hydroenergetické výpočty,
- fotodokumentace.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Hlavním záměrem této bakalářské práce je vypracování studie malé vodní elektrárny na jezu Radlas ležícím na řece Svitavě v říčním km 6,424. Účelem studie je využití hydroenergetického potenciálu toku k výrobě elektrické energie. Obsahem studie je technická zpráva, hydraulické a hydroenergetické výpočty, výkresová dokumentace a fotodokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malá vodní elektrárna, jez Radlas, řeka Svitava, šroubová turbína, hydroenergetický potenciál

ABSTRACT

The main focus of this bachelor's thesis is to develop a study of a small hydro power station on the Radlas weir located on the river Svitava at river km 6,424. The purpose of this study is the usage of hydroenergetic potencial of the river to produce electricity. The content of the study is a technical report, hydraulic and hydroenergetic calculations, drawings and fotodocumentation.

KEYWORDS

Small hydro power station, weir Radlas, river Svitava, screw turbine, hydroenergetic potencial

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jiří Kálal *Studie malé vodní elektrárny*. Brno, 2021. 40 s., 5 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Studie malé vodní elektrárny* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2021

Jiří Kálal
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Studie malé vodní elektrárny* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2021

Jiří Kálal
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Aleši Drábovi Ph.D. za vedení, odbornou pomoc, cenné rady a vstřícnou spolupráci. Také bych chtěl poděkovat Ing. Bělůnkovi ze společnosti GESS-CZ, s.r.o. za poskytnutí podkladů k turbíně a Kanceláři architekta města Brna za poskytnutí podkladů k jezu Radlas.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STUDIE MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY

STUDY OF SMALL HYDROPOWER STATION

TECHNICKÁ ZPRÁVA

PŘÍLOHA A

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Kálal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ DRÁB, Ph.D.

BRNO 2021

OBSAH

1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE	3
2. PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ	4
3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ STAVBY	5
3.1. STÁVAJÍCÍ STAV PŘED PLÁNOVANOU REKONSTRUKCÍ JEZU.....	5
3.2. POPIS PLÁNOVANÉ REKONSTRUKCE JEZU.....	5
3.3. HYDROLOGICKÉ ÚDAJE.....	6
3.4. GEODETICKÉ PODKLADY	7
3.5. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY.....	7
4. NAVRŽENÉ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	8
4.1. ÚČEL A PŘEDMĚT STAVBY	8
4.2. HYDROENERGETICKÉ VÝPOČTY.....	9
4.3. ČLENĚNÍ STAVBY.....	11
5. STAVEBNÍ ČÁST	12
5.1. SO 01 - VTOKOVÝ OBJEKT.....	12
5.2. SO 02 – STROJOVNA MVE	13
5.3. SO 03 – VÝTOKOVÝ OBJEKT.....	14
6. TECHNOLOGICKÁ ČÁST.....	15
6.1. PS 01 - MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA – STROJNÍ ČÁST	15
6.2. PS 02 – MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA – ELEKTROČÁST.....	16
7. VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	18
8. ZÁVĚR	19
9. SEZNAM PŘÍLOH	20
10. SEZNAM TABULEK	20
11. SEZNAM OBRÁZKŮ	20

1. Úvod a cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vypracování studie malé vodní elektrárny (dále MVE). Vybraný jez pro tuto studii MVE se nachází ve městě Brně v Jihomoravském kraji na řece Svitavě v ř. km 6,424 [2]. Účelem studie je využití hydroenergetického potenciálu toku k výrobě elektrické energie. Tato práce navazuje na plánovanou rekonstrukci jezu Radlas včetně rybího přechodu a vodácké propusti dle [2].

Práce zahrnuje zpracování technické zprávy, hydraulických a hydroenergetických výpočtů, výkresové dokumentace a fotodokumentace.

2. Přehled výchozích podkladů

- [1] Evidenční list hlásného profilu č. 380: Stanice Bílovice nad Svitavou [online]. ČHMÚ Brno [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=306989
- [2] Přírodě blízká POP a revizalizace údolní nivy hlavních brněnských toků – Jez Radlas SO 22.3.1., čís. zakázky 3A14286.32.T01. Aquatis, a.s. Brno. 09/2015
- [3] Video šroubové turbíny [online] [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=hGYpBrh3Usc&ab_channel=toppaolo
- [4] Mapy Seznam, Seznam.cz, a.s. [online] [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [5] E-mailová korespondence s GESS-CZ, s.r.o., Ing. Oldřich Bělůnek, 04/2021
- [6] Geologický vrt, Česká geologická služba [online] [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/>
- [7] Graf účinnosti šroubové turbíny, Renewables first [online] [cit. 2021-04-20]. Dostupné z <https://www.renewablesfirst.co.uk/>
- [8] Dušička, P., Hodák, T. Malé vodné elektrárne. Jaga group, s.r.o., Bratislava, 1998
- [9] Video instalace šroubové turbíny [online] [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=9XffNuLutk&ab_channel=ProTerens.r.o.ProTerens.r.o.
- [10] Elektronický digitální povodňový portál [online] [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/>
- [11] Měrná křivka koryta v podjezí: součást zadání práce, VUT v Brně, FAST. Brno 2021
- [12] Firemní materiály šroubové turbíny GESS-CZ, GESS-CZ, s.r.o. [online] [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: <http://www.gess.cz/about/download>
- [13] ČSN 75 2601. Malé vodní elektrárny - Základní požadavky. 2010.
- [14] Skladba střešní konstrukce [online] [cit. 2021-05-25]. Dostupné z: <https://www.icopal.cz/services/ploche-strechy/>
- [15] Manipulační řád pro stavidlo Radlas na Svitavském náhonu na ř. km 6,424 toku Svitava. Vodohospodářský dispečink Povodí Moravy SP, Brno 2008
- [16] Podkladní mapy, Český úřad zeměměřičský a katastrální, [online] [cit. 2021-05-26]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>

3. Charakteristika území stavby

3.1. ***Stávající stav před plánovanou rekonstrukcí jezu***

Zájmová lokalita jezu Radlas nacházející se ve městě Brně v Jihomoravském kraji na řece Svitavě v ř. km 6,424. [2]

Jez byl postaven v roce 1850 a následně opraven v roce 1943. V současné době má podobu pevné železobetonové konstrukce o sklonu vzdušného líce 1:5, která je na vzdušné i návodní straně ohraničena opěrnými stěnami obloženými opracovaným kamenem. Opěrné zdi navazují na dlažbu nad i pod jezem. Přelivná hrana o délce 28,2 m se nachází na kótě 200,98 m n.m., díky ní se hladina stálého vzduť drží na kótě 201,00 m n.m. Pod jezem je vytvořen dvoustupňový vývar o celkové délce 12,5 m, který je opevněn kamennou rovinou prolitou betonem v délce 6 m. [2]

V nadjezí se na pravém břehu nachází vtok do Svitavského náhonu o šířce 7,12 m hrazený dřevěným stavidlem o dvou polích. Nachází se zde lávka pro obsluhu. Náhon slouží k přivedení chladicí vody do Brněnské teplárny. V současné době je přes koryto bývalé Ponávky spojen s řekou Svratkou. Do náhonu je zaústěno odlehčení stoky C. [2]

Z levého břehu se do vývaru napojuje vývod z odlehčovací komory kanalizace o jmenovité světlosti DN 300 (DN 400). [2]

3.2. ***Popis plánované rekonstrukce jezu***

V souvislosti s realizací protipovodňových opatření je navržena úprava stávající jezové konstrukce. Rekonstrukce zahrnuje snížení pevné přelivné hrany jezu o 1,88 m a nahrazení této výšky pohyblivou konstrukcí tvořenou klapkovým uzávěrem. Pevná železobetonová konstrukce sahá do výšky 199,10 m n.m. na ni navazuje ocelová klapka o výšce $H = 2$ m. Jezová konstrukce je rozdělena na 2 pole, každé o šířce 13,23 m uprostřed spojeny pilířem o šířce 1,30 m, celková šířka jezu je tedy 27,76 m s průtočnou šířkou 26,46 m. Na každé straně se nachází boční pilíř, jejich šířka je přibližně 1 m. Pilíř na levém břehu slouží zároveň jako dělící pilíř mezi jezem a rybím přechodem s vodáckou propustí. Horní hrana pilířů dosahuje ke kótě 203,66 m n.m. Ovládaní klapky probíhá hydraulicky pomocí hydraulických servomotorů, které jsou umístěny v pilířích. Ve všech pilířích, jak krajních, tak středovém, se nacházejí drážky pro umístění provizorního hrazení. Pod jezem je zahloubený dvoustupňový vývar. Jelikož je stávající opevnění dna za vývarem dostatečné, je využito stávajícího vývaru. [2]

Samotné jezové těleso je tvořeno z vodostavebního betonu kvality C30/37. Jez má základ o výšce 1,2 – 1,4 m, který přechází tlakovou šikmou plochou ve sklonu 1:20 do vývaru. Vývarová deska má tloušťku přibližně 1,0 m. Dno za vývarem je dostatečně opevněno. Dno před jezovým tělesem je opevněno kamenným záhozem. [2]

K rekonstrukci se přidá i Svitavský náhon. Vtok do Svitavského náhonu je osazen novým stavidlem. Stavidlo je opět složeno ze dvou polí, každé o šířce 3,5 m a výšce cca 3,25 m. Stavidlo je ovládané elektrickým pohonem. [2]

Rekonstrukce je doprovázena výstavbou rybího přechodu, umožňujícího migraci ryb a vodácké propusti, které jsou skombinované do jednoho objektu o šířce 5 m. Výše zmíněné vyústění přepadu kanalizace z odlehčovací komory do vývaru je nutno přeložit z důvodu rybího přechodu. [2]

Přes jez je navržena lávka pro obsluhu o délce 35,5 m. Lávka vede i přes rybí přechod s vodáckou propustí. [2]

Celková délka vzdutí jezu Radlas dosahuje přibližně 1,25 km a objem jezové nádrže činí 21875 m³ [2]

3.3. Hydrologické údaje

Hydrologické údaje pochází z nejbližší umístěné vodoměrné stanice k zájmovému území na toku Svitava. Jedná se o stanici Bílovice nad Svitavou, hlásný profil č.380. Provozovatelem stanice je ČHMÚ Brno. [1] [10]

- Číslo hydrologického pořadí: 4-15-02-109
- Název profilu: Bílovice nad Svitavou
- Plocha povodí: 1119,98 km²
- Průměrné roční srážky: 600 mm
- Průměrný roční průtok: 4,264 m³.s⁻¹

Tab. 1 – Hodnoty m-denních průtoků v profilu Bílovice nad Svitavou dle [15]

Průtoky Q _m (m - denní)							
dny	30	90	180	270	330	355	364
Q _m (m ³ .s ⁻¹)	11,20	5,76	3,68	2,55	2,10	1,55	1,20

Tab. 2 – Hodnoty N-letých průtoků v profilu Bílovice nad Svitavou dle [1]

Průtoky Q _N (N - leté)						
roky	1	2	5	10	50	100
Q _N (m ³ .s ⁻¹)	37	53	61	79	141	179

3.4. Geodetické podklady

V rámci zpracování bakalářské práce nebylo provedeno geodetické zaměření oblasti. Bylo pouze využito geodetického zaměření již provedeného pro studii rekonstrukce jezu. [2]

3.5. Geologické a hydrogeologické poměry

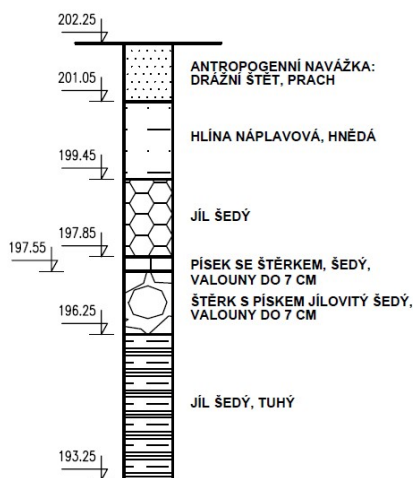
Geologický vrt nacházející se nejbližší umístění stavby je vrt V1, vrt se nachází ve vzdálenosti 17 m východně od MVE. Vrt má celkovou hloubku 9,0 m a je ukončen v nepropustném neogenním jílu o tuhé konzistenci. Nad jílem se nachází klasické kvartérní sedimenty, což jsou štěrky a písky s valouny do 7 cm, nad kterými leží vrstvy povodňových hlín. Terén je tvořen navážkami. Z důvodu, že v místě trasy vede stávající, dále zrušená železniční trať, se povrch skládá z drenážního štětu bývalého železničního spodku. Hladina spodní vody je ovlivněna převážně množstvím vody ve Svitavě, vrty v okolí stavby ukazují, že se nachází přibližně v hloubce 3 m pod terénem. [6]

Petrografický popis vrtu V1:

terén: 202,25 m n.m.

0,00 – 1,20 m	antropogenní navážka: drážní štět, prach
1,20 – 2,80 m	hlína náplavová, hnědá
2,80 – 4,40 m	jíl šedý
4,40 – 4,70 m	písek se štěrkem, šedý, valouny do 7 cm
4,70 - 6,00 m	štěrk s pískem jílovitý šedý, valouny do 7 cm
6,00 – 9,00 m	jíl šedý, tuhý

VRT V1



Obr. 1 – Petrografický popis vrtu V1

4. Navržené technické řešení

4.1. Účel a předmět stavby

Účelem stavby je dostavba malé vodní elektrárny k využití zbývajících hydroenergetického potenciálu stávajícího jezu Radlas (průtoků a spádů) pro ekologicky čistou výrobu elektrické energie. Navrhovaná MVE je průtočná, slouží ke zpracování průtoků přepadajících přes jez bez energetického využití. MVE je koncipována pro bezobslužný provoz.

Předmětem stavby je vybudování jezové malé vodní elektrárny a souvisejících terénních úprav. MVE je navržena na pravém břehu řeky Svitavy, a to především z důvodu nedostatku místa na protějším břehu, kde je navržen rybí přechod a vodácká propust. V nadjezí se na pravém břehu nachází stále využívaný Svitavský náhon. Původní vtokový objekt Svitavského náhonu bude odstraněn a na jeho místo se umístí vtok do MVE. Pro zachování funkce náhonu bude vytvořen v zavazovacím křídle otvor, který se osadí stavidlem o jednom poli pro možnost regulace průtoku.

V MVE se předpokládá instalace jedné šroubové turbíny. Průměr šroubovice je 2,8 m, délka 7 m a je osazen pod úhlem 22°. Návrhový průtok je 3,5 m³/s. [5]

Konstrukčně je MVE rozdělena na 3 stavební objekty. Jedná se o vtokový objekt, samotnou strojovnu a výtokový objekt. Vtokový objekt je umístěn do místa vtoku do Svitavského náhonu, napojuje se přímo na koryto řeky. Objekt je napojen přes vtokový práh nacházející se 0,5 m nade dnem. Na prahu jsou umístěny hrubé česle s vybetonovanou nornou stěnou zasahující přibližně 0,2 m pod provozní hladinu. Horní část norné stěny je rozšířená a slouží jako lávka pro obsluhu. Na vtoku se dále nachází drážky pro umístění provizorního hrazení. Za drážkami jsou jemné česle bez čistícího stroje. Nad česlemi se nachází lávka pro obsluhu. Před vtokem do turbíny je tabulový uzávěr.

Stavba dále navazuje na strojovnu MVE. Turbína samotná je umístěna mimo strojovnu. Do strojovny umístěné nad turbínou zasahuje pouze část napojující se na převodovku. Strojovna je navržena v závislosti na rozměrech převodovky, generátoru, skříní rozvaděčů a hydraulického agregátu. Kvůli malým rozměrům jednotlivého vybavení není nutno řešit otvor ve střeše pro použití autojeřábu. Před vchodem se nachází podesta pro případnou manipulaci se zařízením, ze které se pomocí jeřábu může naložit a odvézt. Na střeše strojovny je umístěna pochozí ocelová plošina, která je přístupná pomocí schodiště. Plošina slouží jako vstup na lávku vedoucí přes klapkový jez.

Za turbínou se nachází výtokový objekt, ten je osazen drážkami pro provizorní hrazení, nad kterými se nachází lávka přístupná z úrovně terénu po ocelových stupadlech. Výtoko-

vý objekt dále přechází zborcenou plochou až k výtakovému prahu navazujícím na stávající koryto.

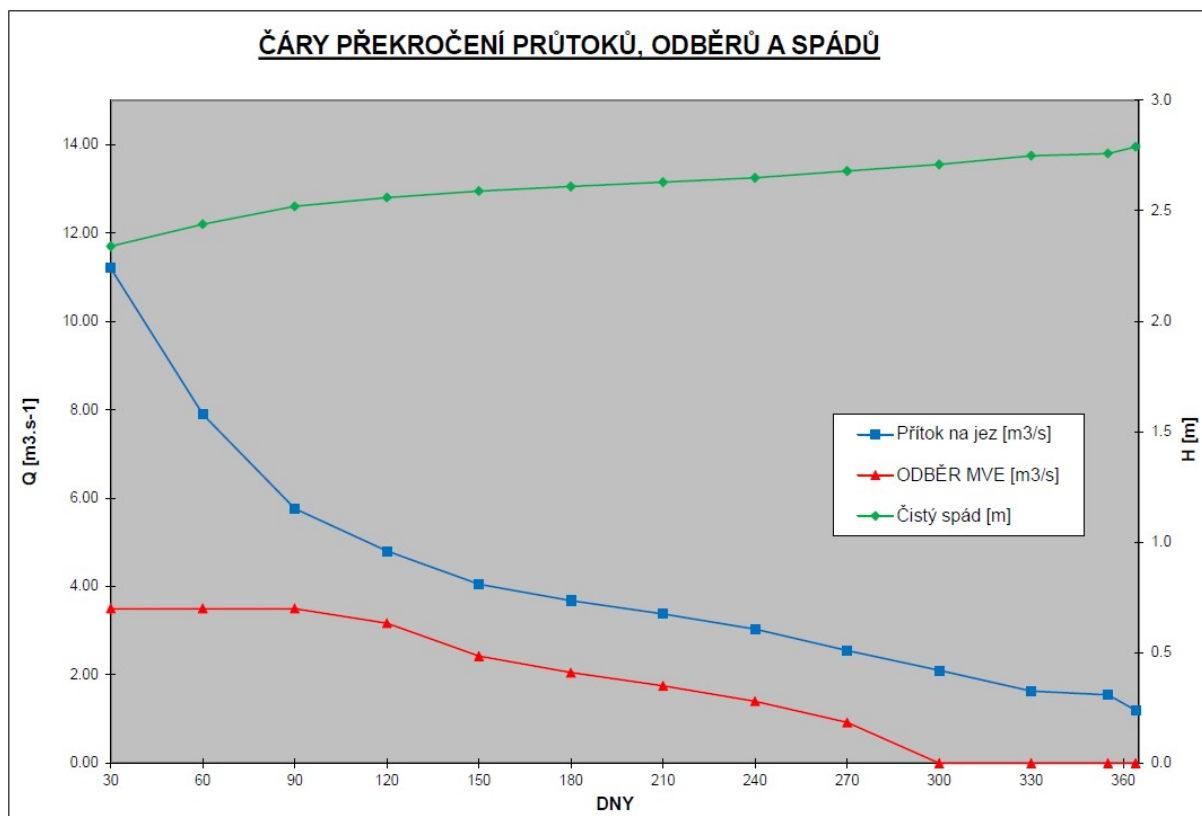
4.2. Hydroenergetické výpočty

V této kapitole je uveden výpis z hydroenergetických výpočtů. Podrobně jsou doloženy v příloze B.

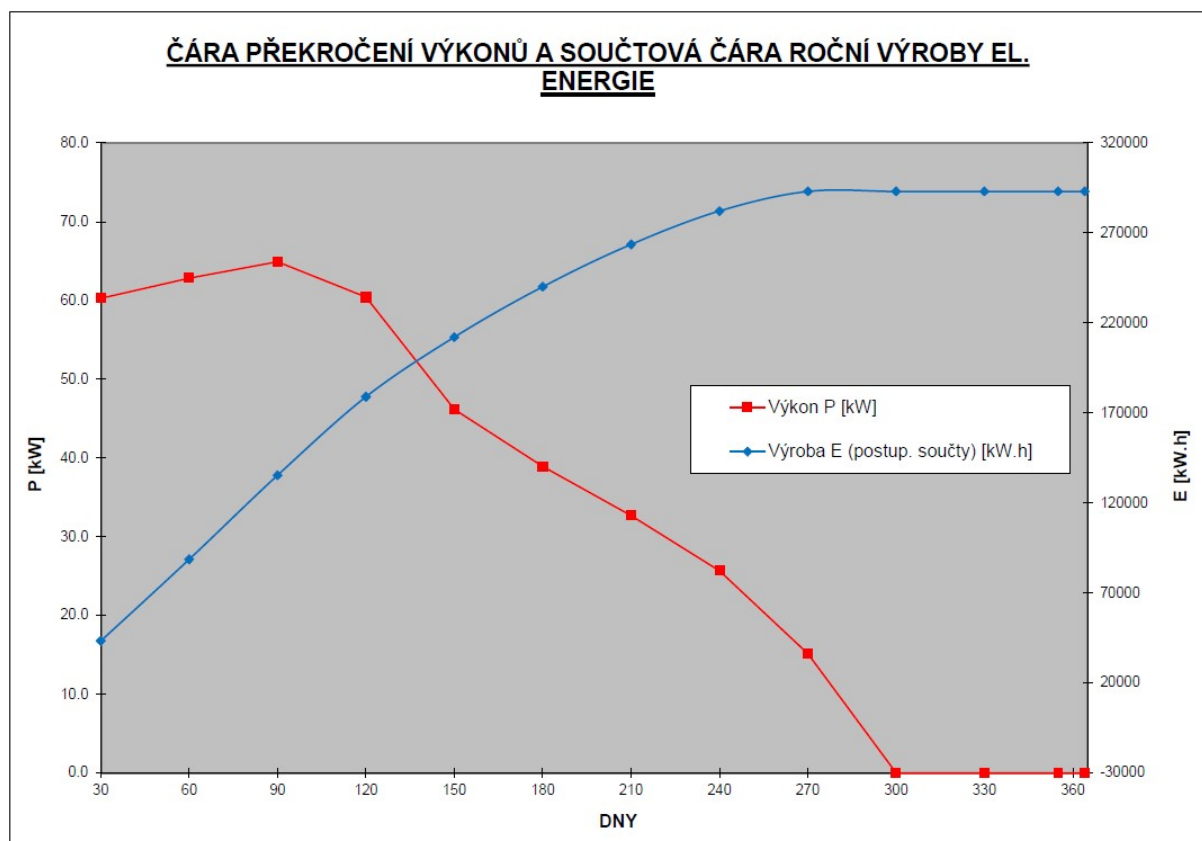
Tab. 3 – Hydroenergetické výpočty

Dny	Přítok na jez	Ostatní odběry	Rybochod	Přes jez	ODBĚR MVE	Čistý spád	Výkon P	Výroba E	Výroba E (součty)
[-]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m]	[kW]	[kW.h]	[kW.h]
30	11.20	0.25	1.38	6.07	3.50	2.3	60.3	43403	43403
60	7.89	0.25	1.38	2.76	3.50	2.4	62.9	45258	88660
90	5.76	0.25	1.38	0.63	3.50	2.5	64.9	46741	135402
120	4.80	0.25	1.38	0.00	3.17	2.6	60.4	43512	178914
150	4.05	0.25	1.38	0.00	2.42	2.6	46.1	33216	212130
180	3.68	0.25	1.38	0.00	2.05	2.6	38.9	28021	240152
210	3.38	0.25	1.38	0.00	1.75	2.6	32.7	23530	263682
240	3.03	0.25	1.38	0.00	1.40	2.7	25.7	18505	282186
270	2.55	0.25	1.38	0.00	0.92	2.7	15.2	10914	293100
300	2.10	0.25	1.38	0.47	0.00	2.7	0.0	--	--
330	1.63	0.25	1.38	0.00	0.00	2.7	0.0	--	--
355	1.55	0.17	1.38	0.00	0.00	2.8	0.0	--	--
364	1.20	0.00	1.20	0.00	0.00	2.8	0.0	--	--

Z tabulky 3 je patrné, že maximální výkon elektrárny dosahuje hodnoty 64,9 kW a průměrná roční výroba elektrické energie dosáhne 293,1 MWh.



Obr. 2 – Čáry překročení průtoků, odběrů a spádů



Obr. 3 – Čára překročení výkonů a součtová čára roční výroby el. energie

4.3. Členění stavby

Dostavba MVE si vyžádá realizaci 3 stavebních objektů a 2 provozních souborů:

- SO 01 – Vtokový objekt
- SO 02 – Strojovna MVE
- SO 03 – Výtokový objekt

- PS 01 – Malá vodní elektrárna – strojní část
- PS 02 – Malá vodní elektrárna – elektročást

5. Stavební část

5.1. SO 01 - Vtokový objekt

Vtokový objekt se nachází na pravém břehu řeky Svitavy. Slouží pro přivedení vody k elektrárně a zároveň k odstranění nečistot, které by mohly ohrozit fungování turbíny.

V zavazovacím křídle vtokového objektu, před hrubými česlemi, je umístěn stavidlový uzávěr sloužící k ovládání průtoku do Svitavského náhonu. Uzávěr je tvořen stavidlem o jednom poli o šířce 1 m a výšce cca 3,25 m. Stavidlo je ovládáno pomocí elektrického pohonu. Nad Svitavským náhonem je podél vtokového objektu vybudována lávka, tvar lávky kopíruje křivku vtokového objektu. Tato lávka slouží k obsluze stavidlového uzávěru, česlí a provizorního hrazení. Lávka je tvořena pomocí U-profilů o velikosti 240 mm, na kterých je položen ocelový rošt, po stranách je osazeno zábradlí o výšce 1,1 m. Tvar lávky je znázorněn ve výkresové dokumentaci.

Dělicí pilíř elektrárny navazuje na pilíř klapkového jezu, jeho zhlaví bylo tvarováno podle [8]. Samotný vtok je konstrukčně řešen jako polorám tvořený z vodostavebního železobetonu C30/37 XC4 XF3 XA1 o šířce 3,2 m. Polorám je umístěn na podkladní beton o tloušťce 0,1 m. Tloušťka stěn je 0,5 m a dna 0,6 m.

Dno před vtokem je na úrovni 199,02 m n.m. Vtokový objekt začíná vtokovým prahem, práh leží na kótě 199,52 m n.m. a má délku 6,50 m. Prah slouží k zabránění vtoku hrubších sunutých splavenin do turbíny. Na prahu jsou umístěny hrubé česle, ty jsou v horní části opřeny o betonovou nornou stěnu, zapuštěnou 0,2 m pod provozní hladinu. Šířka norné stěny je ve spodní části 0,3 m, v horní části je rozšířena na 0,7 m, tento prostor je využíván jako lávka pro obsluhu pro údržbu a opravu česlí. Lávka je osazena zábradlím o výšce 1,1 m na straně směrem k elektrárně. Norná stěna slouží k zachycení plovoucích nečistot.

Za prahem pokračuje dno až k turbíně. Vtok je navržen beztlakový s volnou hladinou. Dále se nachází drážky pro instalaci provizorního hrazení. Drážky jsou osazeny U-profilem o šířce 200 mm a dosedacím prahem. Jako hradící konstrukce se používá ocelová tabule. Na drážky navazují jemné česle bez strojního čištění. Nad česlemi se nachází ocelová lávka pro obsluhu česlí a tabulového uzávěru. Lávka je tvořena z U-profilů o velikosti 240 mm, na kterých je osazen ocelový rošt. Tato lávka nedisponuje zábradlím, aby bylo možno přístupu k česlům a jejich čištění a také k tabulovému uzávěru. Tabulový uzávěr je poslední zařízení před turbínou. Slouží k regulaci průtoku, respektive úplnému uzavření vtoku v případě výpadku sítě, aby nedošlo k poškození vybavení elektrárny.

5.2. SO 02 – Strojovna MVE

Strojovna MVE je dalším objektem, napojuje se na vtokový objekt. Jelikož se jedná o elektrárnu se šroubovou turbínou, je dispozice strojovny jiná, než je zvykem u např. Kaplanovy turbíny. Turbína samotná je umístěna mimo strojovnu v ocelovém žlabu zabetonovaném do železobetonového polorámu z vodostavebního betonu C30/37 XC4 XF3 XA1. Konstrukce strojovny je navržena ze stejného typu betonu jako je rám elektrárny. Celá konstrukce je postavena na podkladním betonu o tloušťce 0,1 m. Základová spára je lomená, nejnižší místo leží ve výšce 195,86 m n.m. Vtok do turbíny se nachází ve stejné výšce jako vtokový práh, a to 199,52 m n.m., konstrukce následně přechází lomenou plochou do místa vyústění turbíny ve výšce 196,46 m n.m. Tato turbína neobsahuje savku, ale je rovnou zaústěna do spodní vody.

Turbína má hřídel zaústěnou do strojovny. Strojovna má vnitřní rozměry 3,6 x 5 m a světlou výšku 2,6 m. Podlaha strojovny má tloušťku 0,4 m. Šířka stěn je 0,3 m. Na hřídeli je osazena převodovka, na kterou je připojen generátor. Stěny polorámu jsou v místě turbíny řešeny rozdílně. Pravá stěna je v konstantní výšce 202,60 m n.m. v celé své délce z důvodu terénu, zatímco levá stěna, navazující na dělicí pilíř, zalomeně klesá na úroveň 199,79 m n.m.

Přístup do strojovny je řešen pomocí dvoukřídlých vchodových dveří umístěných v úrovni podlahy, ta je zapuštěna přibližně 0,9 m pod terén a nachází se na kótě 201,67 m n.m. Před dveřmi je vybudována plocha o rozměrech 2,0 x 2,0 m sloužící pro případnou manipulaci strojního vybavení. Na tuto plochu vede betonové schodiště o pěti stupních.

Strojovna je zastřešena pomocí asfaltových pásů bez tepelné izolace, atika střechy sahá na kótu 204,72 m n.m. Střecha má sklon 3° a je ve tvaru „V“, to znamená, že voda je svedena do žlabu uprostřed, ten je následně zaústěný do řeky. Na střeše se na kótě 204,92 m n.m. nachází pochozí plošina s výhledem na okolí elektrárny. Plošina slouží pro vstup na lávku vedoucí přes pohyblivý jez. Vstup na plošinu je navržen pomocí schodiště o 16 stupních umístěného vedle schodiště do elektrárny. Plošina i schodiště jsou ohraničeny zábradlím o výšce 1,1 m. Podlaha plošiny je tvořena z ocelových roštů.

Pod stropem strojovny se nachází dva I-profilů s ruční kladkou pro manipulaci s vybavením strojovny. Dále skříň rozvaděče a hydraulický agregát pro manipulaci s tabulovým uzávěrem.

5.3. SO 03 – Výtokový objekt

Výtokový objekt navazuje bezprostředně na výtok z turbíny. Jeho úkolem je odvést vodu od turbíny zpět do řeky. Výtoková sekce vybetonována z vodostavebního železobetonu C30/37 XC4 XF3 XA1, má šířku 3,2 m a je jako zbylé objekty založena na podkladní beton o tloušťce 0,1 m. Dno pod turbínou se nachází ve výšce 196,46 m n.m. a je tvořeno zborcenou plochou až k výtokovému prahu. Za turbínou se nacházejí drážky provizorního hrazení tvořené U-profilem o šířce 200 mm a dosedacím prahem. Jako hradící konstrukce je použita ocelová tabule. Vedle drážek je umístěna lávka pro obsluhu. Lávka je tvořena U-profilů na kterých je připevněný ocelový rošt a zábradlí. U-profilů jsou o rozměru 240 mm. Zábradlí je navrženo o výšce 1,1 m. Přístup na lávku je z břehu, z důvodu velkého rozdílu výšek, řešena pomocí ocelových stupadel ukotvených do stěny železobetonové konstrukce. Výtokový objekt je zakončen prahem o délce 10 m. Práh se nachází ve výšce 198,08 m n.m.

Dno za výtokovým prahem je vybetonováno po hranu jezového vývaru. Za vývarem je dále opevněno záhozem z lomového kamene.

Při řešení studie došlo k rozporu ohledně výškového umístění prahu vývaru, pro další stupně projektové dokumentace je nutné provést přesné zaměření.

6. Technologická část

6.1. PS 01 - Malá vodní elektrárna – strojní část

Tato kapitola řeší strojní vybavení elektrárny.

6.1.1. Vtokový objekt

Vtokový objekt slouží k usměrnění a přivedení vody na turbínu. První objekt na vtoku jsou hrubé česle, rozteč česlic je 0,3 m, průměr 0,05 m a jsou uloženy ve sklonu 77°. Ve spodní části jsou opřeny o vtokový práh, horní část je uchycena k norné stěně pomocí ocelových pásků. Za česlemi jsou navrženy drážky provizorního hrazení, vedení drážek je zhotoveno z U-profilů velikosti 200 mm. Za drážkami jsou jemné česle s manuálním stíráním. Z důvodu, že šroubová turbína je schopna převést drobné nečistoty, nemusí být česlice tak jemné, jak tomu bývá u jiných typů turbín. Díky tomu není nutno osazovat strojní čištění. Česle jsou široké 3,2 m a vysoké 3,3 m, jejich osazení je pod úhlem 70° a jsou zhotoveny z ocelové pásovinu o rozteči 0,07 m. V horní části jsou připevněny k lávce. Poslední strojní zařízení na vtoku je tabulový uzávěr. Uzávěr je ovládán hydraulicky, slouží k regulaci průtoků či k úplnému odstavení turbíny při nízkých a povodňových průtocích.

6.1.2. Strojovna MVE

Strojovna byla vybavena tak, aby byla uzpůsobena plně automatickému a bezpečnému provozu. Manipulace s jednotlivými částmi vybavení uvnitř strojovny z důvodu výměny či opravy je řešena díky malým rozměrům pomocí dvou ručních kladkostrojů umístěných pod stropem strojovny. Kladkostroje jsou osazeny na I-profilech o velikosti 280 mm. Manipulace s turbínou probíhá pomocí autojeřábu.

Na základě konzultace s výrobcem [5] byla navržena šroubová turbína ST 2800-6950 firmy GESS-CZ s průměrem oběžného kola 2,8 m a délce 6,95 m. Turbína je usazena pod úhlem 22° a je složena z centrální trubky a 3 listů šroubovice. Nátok do turbíny se nachází pod strojovnou.

Tab. 4 – Hlavní parametry soustrojí

Typ	Šroubová turbína ST 2800-6950
Počet strojů	1
Průměr oběžného kola	2,8 m
Rozsah spádů	2,3 – 2,7 m
Rozsah průtoků	0,7 – 3,5 m ³ /s
Max. výkon turbíny	64,9 kW

6.1.3. Výtokový objekt

Výtokový objekt odvádí vodu od turbíny zpět do koryta řeky Svitavy. Pod turbínou jsou umístěny drážky provizorního hrazení, jsou tvořeny U-profilem o velikosti 200 mm. Za drážkami je umístěna lávka pro obsluhu.

6.2. PS 02 – Malá vodní elektrárna – elektročást

Zásuvkové obvody a osvětlení bude napájeno z vyrobené elektřiny. Kabelové vedení po strojovně je řešeno pomocí plastových lišt připevněných ke stěnám, ve kterých jsou bezpečně umístěny kabely.

6.2.1. Generátor

Byl navržen asynchronní generátor. Generátor je připojen k turbíně skrze převodovku z důvodu malých otáček turbíny. Kmitočet generátoru je 50 Hz, maximální výkon 61,4 kW.

Tab. 5 - Hlavní parametry generátoru

Typ	Asynchronní
Počet strojů	1
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Instalovaný výkon	75 kW

6.2.2. Rozvaděče

Rozváděcí skříně jsou umístěny ve strojovně. Ve skříních je osazeno veškeré elektrozařízení potřebné pro ovládání a kontrolu MVE. Prostor pro umístění skříní je vyznačen v příloze D.2

6.2.3. Vlastní spotřeba MVE

Pokrytí vlastní spotřeby MVE bude zajištěno z rozvodu NN se samostatným měřením. Napěťová soustava je 3 PEN 50 Hz, 380 V, TNC a 1 PEN, 50 Hz, 230 V.

6.2.4. Vyvedení výkonu

Výkon je vyveden z elektrárny do trafostanice umístěné v blízkosti MVE. Vyvedení je provedeno pomocí podzemního kabelu.

6.2.5. Řídící systém

Řídící systém elektrárny je uzpůsoben plně automatickému provozu, bez nutnosti trvalé obsluhy. Systém slouží k regulaci průtoků turbínou.

Regulace turbíny probíhá pomocí tabulového uzávěru umístěného před vtokem do turbíny. Samotná regulace je prováděna hydraulickým agregátem umístěným ve strojovně. Při dosažení nedostatečných podmínek pro provoz turbíny nebo poruše turbíny dojde k jejímu odstavení od provozu úplným uzavřením přítoku.

Informace o výškách hladin se zjišťují pomocí hladinových čidel, jedno je umístěno na vtoku do elektrárny a druhé na výtoku. Data jsou pomocí GSM modemu přenášena ke správci MVE.

7. Vliv stavby na životní prostředí

Stavba malé vodní elektrárny u jezu Radlas nebude mít negativní vliv na životní prostředí. Díky šroubové turbíně, která se provozuje v nízkých otáčkách, nevzniká nežádoucí hluk, který by rušil obyvatele v okolí MVE. Tento typ turbíny také snižuje potřebné množství stavebních prací, tím pádem i množství odpadu a celkovou dobu stavby elektrárny, čímž se snižuje zatížení okolí stavbou.

Šroubová turbína je díky své konstrukci považována za tzv. “fish friendly”, to znamená že umožní bezpečný průchod ryb směrem po proudu.

Stavba samotná slouží ke zlepšení životního prostředí tím, že vyrábí čistou elektrickou energii. Hladina stálého nadržení se zachová na stejné kótě.

Jediným odpadem MVE je odpad z česlí. Shrabky se po odklizení roztřídí podle druhu odpadu. Organický část odpadu bude použita ke kompostaci, se zbytkem je nakládáno jako s komunálním odpadem. Jeho likvidace proběhne v souladu se zákonem o odpadech 541/2020 Sb.

8. Závěr

Zadáním bakalářské práce bylo vypracování studie MVE na řece Svitavě v říčním kilometru 6,424. Elektrárna byla umístěna k jezu Radlas, který disponuje nevyužitým hydroenergetickým potenciálem. Návrh přihlížel k technické proveditelnosti a dostatečně efektivnosti.

Turbína byla pro tuto studii zvolena šroubová, protože se do dané lokality hodí především z důvodu nízkého spádu, mezi další výhody patří nižší pořizovací náklady, dlouhá životnost a vysoká účinnost [13].

Elektrárna byla navržena bezobslužná, plně automatická.

Průměrná roční výroba elektrické energie činí dle hydroenergetických výpočtů 293,1 MW/h. Pro výpočet návratnosti investice je nutné vyčíslit veškeré stavební a provozní náklady, to však nebylo předmětem řešení této práce.

9. Seznam příloh

- A Technická zpráva,
- B Hydraulické a hydroenergetické výpočty,
- C Situační výkresy,
 - C.1 Situace širších vztahů M 1:10 000,
 - C.2 Celková situace stavby M 1:200,
- D Výkresová část,
 - D.1 Podélný řez MVE A-A M 1:100,
 - D.2 Půdorysný řez MVE B-B M 1:100,
 - D.3 Příčný řez MVE C-C M 1:100,
- E Fotodokumentace.

10. Seznam tabulek

Tab. 1 – Hodnoty m-denních průtoků v profilu Bílovice nad Svitavou dle [15].....	6
Tab. 2 – Hodnoty N-letých průtoků v profilu Bílovice nad Svitavou dle [1].....	6
Tab. 3 – Hydroenergetické výpočty.....	9
Tab. 4 – Hlavní parametry soustrojí	15
Tab. 5 - Hlavní parametry generátoru.....	16

11. Seznam obrázků

Obr. 1 – Petrografický popis vrtu V1	7
Obr. 2 – Čáry překročení průtoků, odběrů a spádů.....	10
Obr. 3 – Čára překročení výkonů a součtová čára roční výroby el. energie.....	10